

А. А. Ершов^{1*}, Ю. Н. Логинов², Н. Н. Загиров³, Е. В. Иванов³

¹ Группа компаний «ПЛИМ Урал»,

² Уральский федеральный университет имени первого Президента Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург,

³ Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

* *ssmerchh@mail.ru*

Научные руководители – проф., д-р техн. наук *Ю. Н. Логинов*,

доц., канд. техн. наук *Н. Н. Загиров*

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ-ПРЕССОВАНИЯ

Методом конечных элементов поставлена и решена задача описания напряженно-деформированного состояния совмещенного процесса прокатки – прессования. Определено распределение степени деформации в обработанной заготовке. Выявлен высокий уровень проработки металла. Обращено внимание на наличие неоднородности деформации вдоль радиуса обработанной заготовки.

Ключевые слова: совмещенный процесс прокатки – прессования, степень деформации, неоднородность деформации, метод конечных элементов, QForm.

A. A. Ershov, Yu. N. Loginov, N. N. Zagirov, E. V. Ivanov

FINITE-ELEMENTAL ANALYSIS OF THE PROCESS OF ROLLING-EXTRUDING

The finite element method was used to solve and solve the problem of describing the stress-strain state of a combined rolling-extruding process. The distribution of the strain in the processed billet is determined. A high level of degree of deformation has been revealed. Attention is drawn to the presence of inhomogeneity of deformation along the radius of the processed billet.

Keywords: combined rolling-extruding process, strain, inhomogeneity of deformation, finite element method, QForm.

За последние годы метод совмещенной прокатки-прессования (СПП), основанный на применении двух валков в отличие от метода CONFORM, получил развитие и достаточно подробно описан в ряде публикаций, например, в [1]. Цель настоящей работы заключалась в реализации математического моделирования процесса СПП на уровне определения напряженно-деформированного состояния металла в очаге деформации.

Схема процесса в отображении постановки задачи программным модулем QFORM приведена на рис. 1, а. Заготовка поступает в калибр, образованный валком с гребнем и валком с ручьем. На пути ее перемещения установлена матрица. Напряжениями трения, создаваемым валками, заготовка продавливается в отверстие матрицы с получением готового изделия. Для решения задачи заданы следующие параметры и граничные условия. Катающие радиусы соответственно первого и второго валков R_1 и R_2 равны 53,5 мм и 40,5 мм. Ширина калибра 15 мм, минимальный зазор между валками 7 мм, высота зеркала матрицы 22 мм, диаметр прессуемого прутка 9 мм, длина калибрующего пояса матрицы равна 2 мм, угол зеркала матрицы 90° , начальная высота заготовки 14 мм, начальная ширина заготовки 14 мм.

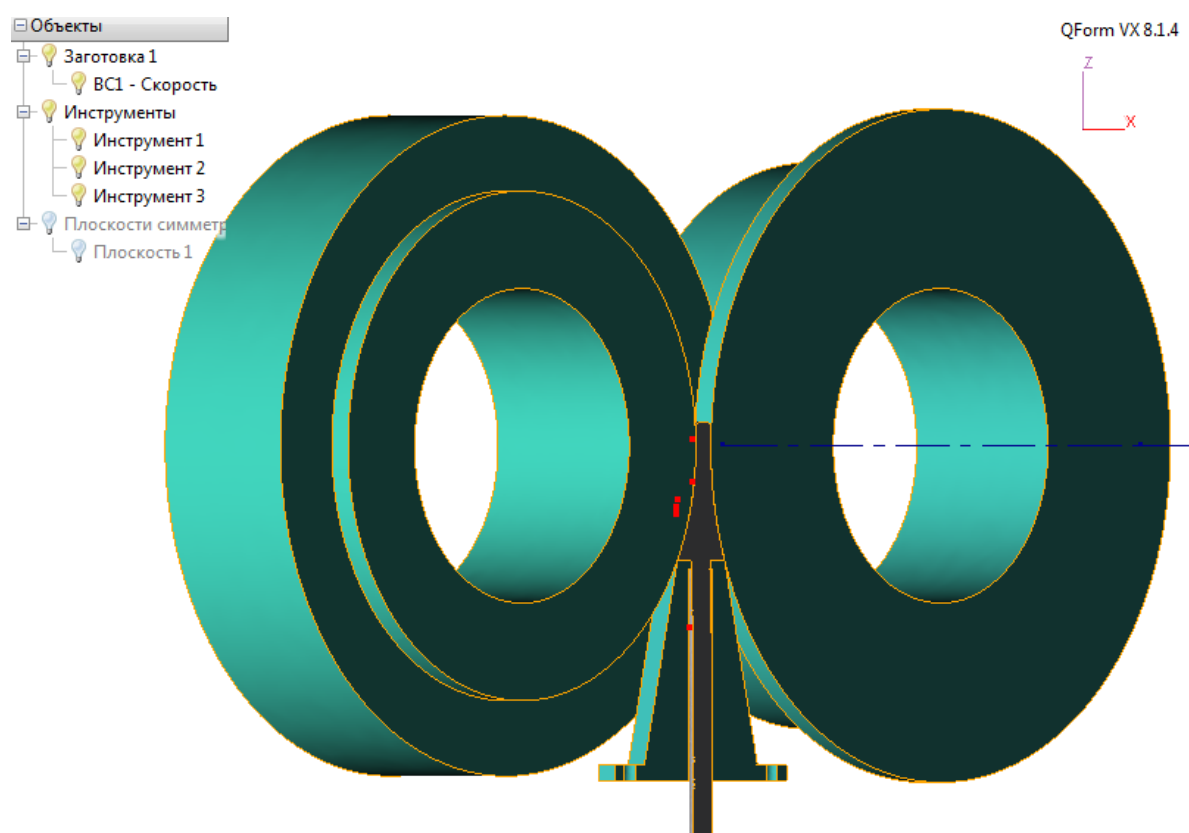


Рис. 1. Схема процесса прокатки-прессования в отображении постановки задачи QFORM

Математическое моделирование процесса выполняли в программе QFORM V8 (ООО «КванторФорм») в 3D постановке с наличием одной плоскости симметрии. Процесс представляет собой операцию деформирования заготовки с учетом теплопередачи (осуществляется теплообмен между заготовкой и инструментами и между заготовкой и окружающей средой).

Материал заготовки – алюминиевый сплав АД 31, механические свойства заимствованы из базы данных программы QFORM V8. Заданы

следующие параметры: плотность материала 2730 кг/м^3 , теплопроводность $130 \text{ Вт/м}^\circ\text{К}$, теплоемкость $960 \text{ Дж/кг}^\circ\text{К}$. Исходная температура заготовки 450°С (без учета охлаждения заготовки при переносе от печи к стану).

Инструмент в данном варианте постановки задан как жесткое недеформируемое тело. Скорость вращения валков задана 10 об/мин . В качестве смазки задан материал с показателем трения $0,8$ (для всех поверхностей) и коэффициентом теплопередачи (при контакте заготовки и инструментов) $100\,000 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{К}$. Исходная температура инструментов 200°С . Более подробно постановка задачи описана в статье [2].

На рис. 2 показано распределение степени деформации при прокатке – прессовании, полученное в результате решения краевой задачи.

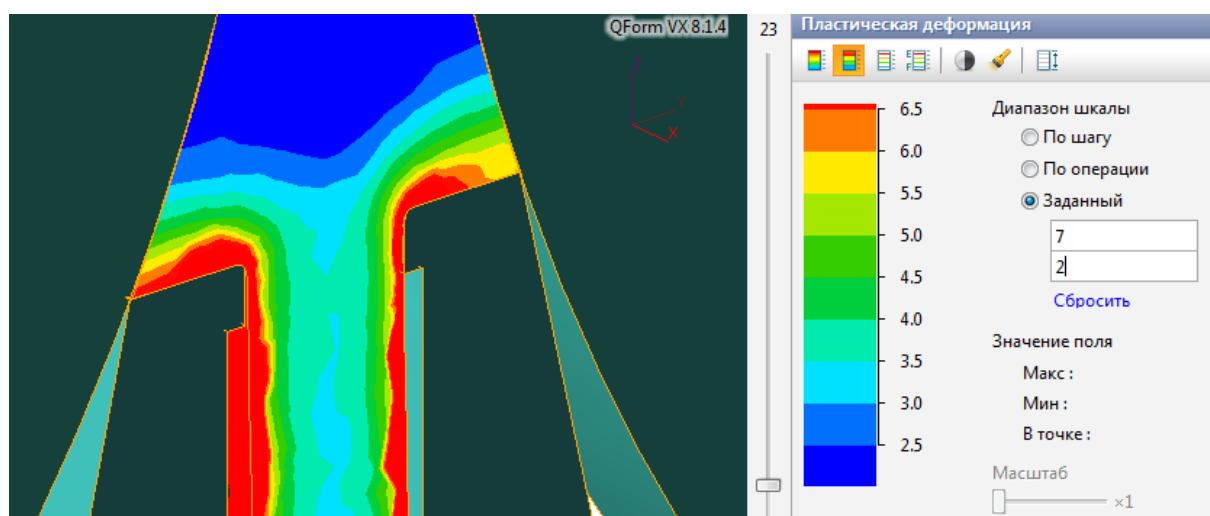


Рис. 2. Распределение степени деформации на выходе прутка из матрицы

Видно, что наибольшая степень деформации на уровне $6...6,5$ достигается на периферии отпрессованного изделия. В центре степень деформации составляет величину $3,3...3,5$. Таким образом, выявлена довольно значительная неравномерность деформации, составляющая двукратную величину. Вместе с тем общий интервал степени деформации в диапазоне $3,3...6,5$ говорит о высокой степени пластической проработки материала.

Отмеченный факт может быть учтен как рычаг управления структурой металла. Кроме того, повышенный уровень пластической деформации может быть востребован в процессах обработки пористых заготовок для интенсификации уплотнения материала. Известно, что повышение уровня сдвиговых деформаций в процессах обработки металлов давлением приводит к увеличению уровня деформаций объема [3, 4].

Кроме распределения степени деформации получены поля распределения скоростей перемещений, скоростей деформаций,

эквивалентных и средних (гидростатических) напряжений. Это позволило оценить места локализации этих параметров.

Практическая значимость работы заключается в установлении возможности расширения сферы применения метода совместной обработки заготовок прокаткой-прессованием в сторону обработки некомпактных сред, в том числе стружки, эффективность чего показана в работах [5, 6].

Выводы. Расчеты напряженно-деформированного состояния совмещенного процесса прокатки-прессования приводят к выводу о значительной степени проработки в данной схеме обработки металла. Выявлен также ощутимый уровень неоднородности степени деформации по радиальной координате.

ЛИТЕРАТУРА

1. Получение проволоки с волокнистой структурой из стружки сплава АД31 на основе реализации способа совмещенной прокатки-прессования / Н. Н. Загиров [и др.] // Обработка сплошных и слоистых материалов. 2012. № 38. С. 10–15.
2. Моделирование уплотнения пористого материала в совмещенном процессе прокатки-прессования / А. А. Ершов [и др.] // Metallurg. 2016. № 6. С. 14–17.
3. Логинов Ю. Н. Исследование деформированного состояния заготовки при кручении в закрытом контейнере / Ю. Н. Логинов, Н. Н. Загиров, А. А. Богатов // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 1987. № 12. С. 45–49.
4. Логинов Ю. Н. Об уравнениях связи напряжений и деформаций для сжимаемого жестко-пластического материала / Ю. Н. Логинов, Н. Н. Шарафутдинов, В. Л. Колмогоров // Технология легких сплавов. 1977. № 4. С. 20–25.
5. Получение проволоки с волокнистой структурой из стружки сплава АД31 на основе реализации способа совмещенной прокатки-прессования / Н. Н. Загиров [и др.] // Обработка сплошных и слоистых материалов. 2012. № 38. С. 10–15.
6. Технологические основы получения материалов и изделий из сыпучих стружковых отходов меди и ее сплавов методами обработки давлением: монография / Н. Н. Загиров, Ю. Н. Логинов. Красноярск, СФУ. 2015. 171 с.